

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05083078 A**

(43) Date of publication of application: **02 . 04 . 93**

(51) Int. Cl.

H03H 9/145
H03H 3/08

(21) Application number: **03239189**

(22) Date of filing: **19 . 09 . 91**

(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**

(72) Inventor:
YAGOU AKIHIRO
NAKAHATA HIDEAKI
SHIKADA SHINICHI
FUJIMORI NAOHARU

(54) **SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT AND ITS MANUFACTURE**

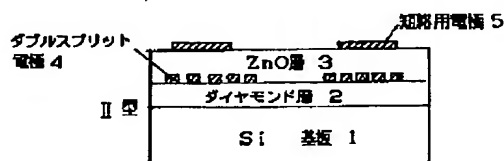
or the like.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain the surface acoustic wave element employing a diamond with a high efficiency having an operating frequency in a range from several hundreds MHz to several GHz in which an especially high operating frequency is used selectively.

CONSTITUTION: A range of a film thickness of ZnO is specified in the relation of a wavelength and the mode of a surface acoustic wave is specified simultaneously in the surface acoustic wave comprising a diamond layer 2 or a substrate layer 1 and the diamond layer 2, a ZnO piezoelectric film layer 3, a double split electrode 4 and a surface short-circuit use electrode 5. Since the surface acoustic wave element in which a surface acoustic wave at the electrode is less scattered and a propagation speed and an electromechanical coupling coefficient are large is obtained, the surface acoustic wave operated at a high frequency band from several hundreds MHz to several GHz is easily provided. The surface acoustic wave element is suitable for a band pass filter, a resonator, an oscillator and a convolver



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-83078

(43) 公開日 平成5年(1993)4月2日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H03H 9/145	C	7259-5J		
3/08		7259-5J		

審査請求 未請求 請求項の数12 (全12頁)

(21) 出願番号	特願平3-239189	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成3年(1991)9月19日	(72) 発明者	八郷 昭広 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	中幡 英章 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(72) 発明者	鹿田 真一 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
		(74) 代理人	弁理士 上代 哲司 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 数百MHzから数GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数を選択的に使用できる高効率の、ダイヤモンドを用いた弾性表面波素子を提供することを目的とする。

【構成】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層と、ZnO圧電体膜層とダブルスプリット電極及び表面短絡用電極からなる弾性表面波素子において、ZnOの膜厚の範囲を波長との関係で規定し、同時に弾性表面波のモードを特定する。

【効果】 電極における弾性表面波の散乱が小さく、伝搬速度及び電気機械結合係数が大きい弾性表面波素子が得られるので、数100MHzから数GHz帯の高周波領域で動作する弾性表面波素子を容易に提供することが出来る。帯域通過フィルター、共振器、発振器、コンボルバー等に好適である。

【特許請求の範囲】

【請求項１】 ダイヤモンド層あるいは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にＺｎＯ層を積層して成る弾性表面波素子において、ＺｎＯ層の厚みをＨ、弾性表面波の波長をλとして、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の０次モードあるいは０次モードの３倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項２】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にＺｎＯ層を積層して成る弾性表面波素子において、ＺｎＯ層の厚みをＨ、弾性表面波の波長をλとして、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.7$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の１次モードあるいは１次モードの３倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項3】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.8$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事の特徴とする弾性表面波素子。

【請求項４】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にＺｎＯ層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る弾性表面波素子において、ＺｎＯ層の厚みをＨ、弾性表面波の波長をλとして、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の０次モードあるいは０次モードの３倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項5】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.8$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項6】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.8$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3

次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項7】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にZnO層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.25 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の0次モードあるいは0次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項8】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にZnO層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 1.2$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事の特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 9】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上に ZnO 層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO 層の厚みを H、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H / \lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda) = 0.4 \sim 1.0$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の 3 次モードあるいは 3 次モードの 3 倍高調波を利用する事の特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 10】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上に表面短絡用電極を積層し、その上に ZnO 層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO 層の厚みを H、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H / \lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の 0 次モードあるいは 0 次モードの 3 倍高調波を利用する事の特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 11】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上に表面短絡用電極を積層し、その上に ZnO 層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO 層の厚みを H、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H / \lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda) = 0.15 \sim 1.2$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の 1 次モードあるいは 1 次モードの 3 倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 12】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上に表面短絡用電極を積層し、その上に ZnO 層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、ZnO 層の厚みを H、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H / \lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda) = 0.5 \sim 1$ 、

0を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は数百MHzから数GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数を選択的に使用できる弾性表面波素子に関する。

【0002】

【従来の技術】固体表面にエネルギーが集中して伝搬する弾性表面波を利用した弾性表面波素子は、小型で製作しやすく温度特性等が安定である為、TV受信用フィルター等として利用されている。一般に弾性表面波素子は、圧電体の表面に楕形の電極を形成して構成されている。

【0003】近年、伝送情報量が増大し、伝送信号がマイクロ波領域に拡大しつつあり、GHz帯で使用できる素子の需要が高まっている。一般に弾性表面波素子の動作周波数は弾性表面波の伝搬速度及び波長で決定され、波長は楕形電極の周期長で決定される。同じ周期長の電極を用いた場合、即ち同じ波長で弾性表面波素子を使用する場合、弾性表面波素子素材中の波の伝搬速度が大きい方が、高い周波数まで扱える。そこで物質中最高の音速を持つダイヤモンド（横波の速度：13000m/s、縦波の速度：16000m/s）を基材として用いる方法が考案されている。（例えば特公昭64-62911号公報）

【0004】一般に弾性表面波素子は、その電気機械結合係数（電氣的エネルギーが機械的エネルギーに変換される際の変換効率の指標）が大きい方が高い効率で動作する。特に電気機械結合係数は ≥ 0.5 が望ましい。さらに高い動作周波数で使用するためには、伝搬速度が高い事が必要である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】基板の上に形成された圧電体薄膜を用いる場合には、伝搬速度及び電気機械結合係数は、圧電体薄膜及び基板材料のみならず圧電体薄膜の膜厚にも依存する。また基材の上に形成された薄膜基板では、薄膜基板の膜厚にも依存する。しかしながら、ZnO層の膜厚、ダイヤモンドの膜厚と伝搬速度、電気機械結合係数との関係については従来全くわかっていなかった。そのために、高い周波数で動作する高効率の弾性表面波素子を的確に設計することが出来なかった。

【0006】本発明は、数百MHzから数GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数を選択的に使用できる高効率の、ダイヤモンドを用いた弾性表面波素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明はダイヤモンド層

あるいは基板層とダイヤモンド層と、ZnO圧電体膜層とダブルスプリット電極及び表面短絡用電極からなる弾性表面波素子において、ZnOの膜厚の範囲を波長との関係で規定し、同時に弾性表面波のモードを指定することにより、大きい弾性表面波伝搬速度（ $V \geq 5500 \text{ m/s}$ ）と大きい電気機械結合係数（ $K' \geq 0.5\%$ ）を有し、特に高い周波数で動作する弾性表面波素子を実現する。

【0008】

【作用】本発明の弾性表面波素子では、楕形電極としてダブルスプリット電極を用いた。ダブルスプリット電極は、図1に示す様に幅dの電極片が間隔dを置いて2つずつ並び、これが5dの間隔をもって繰り返すように形成されている。この電極構造が向き合った形で形成されている。波長 λ は $\lambda = 8d$ であるが、この電極に電界を加えると、波長 λ の3倍の高調波を選択的に発生する。従ってこの電極を用いた際、得られる波長 λ' は $\lambda' = 8d/3$ が強く励振されることが知られている。さらに、弾性表面波素子として装荷した際、電極部と圧電体部との物質の不整合による散乱の影響を軽減出来ることも知られている。

【0009】以下に12の異なる条件、構造のものを説明する。以下、ZnOの膜厚をHと書き、膜厚の表現はこれを伝搬する弾性表面波の波長で割って、 2π を乗じた（ $2\pi \cdot H/\lambda$ ）によって表現する。同様にダイヤモンド基板の膜厚をHDと書き、膜厚の表現はこれを波長で割って、 2π を乗じた（ $2\pi \cdot HD/\lambda$ ）によって表現する。これらは無次元のパラメータである。

【0010】本発明者らの実験によれば、膜厚H、HDは、その波長に対する比率が伝搬速度V、電気機械結合係数 K' に影響するということがわかっている。従って上記のパラメータにより条件を分類することが有用である。図2～図5に本発明の弾性表面波素子の断面図を示す。それぞれ簡単のために、I、II、III、IV型と略称する。

【0011】図2はI型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、ダブルスプリット電極4をその上に設けたものである。この上にさらにZnO層3を形成する。これは次に述べるタイプ（1）～（3）に対応するものである。

【0012】図3はII型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、ダブルスプリット電極4を形成し、ZnO層3を設けたものである。ここまでは前例と同じであるが、さらにZnO層3の上に短絡用電極5を形成する。これは次に述べるタイプ（4）～（6）に対応するものである。

【0013】図4はIII型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、その上にZnO層3を設け、この上にダブルスプリット電極4を形成したものである。これは次に述べるタイプ（7）～

(9) に対応するものである。

【0014】図5はIV型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、この上に短絡用電極5を設ける。さらにZnO層3を形成し、この上にダブルスプリット電極4を形成したものである。これは次に述べるタイプ(10)～(12)に対応するものである。以下タイプ(1)～(12)について実験結果と対照しながら説明する。以下、弾性表面波の波長 λ は各モードの基本波についての波長を意味する。3倍高調波の波長については λ' とし、 $\lambda' = \lambda/3$ を意味するものとする。

【0015】図6は、ダイヤモンド層の厚みHDを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 1.0$ とし、ZnO層の厚みHを変化させて位相速度(伝搬速度)を測定した結果を示すグラフである。横軸は $2\pi \cdot H/\lambda$ 及び $2\pi \cdot H/\lambda'$ である。縦軸は位相速度(m/s)である。この結果よりZnO層が薄い方が、音速が大きいダイヤモンドの影響を受けやすく、位相速度が速くなる。丸は0次モード、三角は1次モード、四角は2次モード、ベケは3次モードを示す。また白ぬきは基本波、黒く塗りつぶしたものが3倍高調波である。当然高次モードの方が位相速度は大きい。

【0016】ここで λ は図1に示すようなダブルスプリット電極の1周期に於ける波長であり、ダブルスプリットの電極片の幅をdとすると、波長 λ は $\lambda = 8d$ である。またダブルスプリット電極を用いることにより励起される3倍高調波は、波長が λ の1/3倍になる為、横軸で $2\pi \cdot H/\lambda$ の3倍の位置に対応する。しかし図6より明らかなように、高次モードの位相速度は単純な倍数関係にはない。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ を2.0、3.0および4.0とした場合も同様の結果になる。位相速度については構造による違い(I、II、III、IV型の違い)はない。

【0017】図7はZnO層の厚みHを $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0$ とし、ダイヤモンド層の厚みHDを変化させて位相速度Vを測定した結果を示すグラフである。ダイヤモンド層の厚みが大きい方が位相速度Vが大きくなる傾向にあるが、ダイヤモンド層の厚みにはあまり依存しないといえる。 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ を2.0、3.0および4.0とした場合もほぼ同様の結果になる。

【0018】図8および図9は、I型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。2次モードの電気機械結合係数 K^2 はいずれの場合についても小さかったので、グラフには図示していない。図8はダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が2.0の場合、図9はダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が4.0の場合について測定した。横軸はZnOの厚み $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 及び $(2\pi \cdot H/\lambda')$ である。ZnO層が薄いときは1次モードの電気機械結合係数 K^2 が大きくZnO層が厚いときは0次モードの電気機械

結合係数 K^2 が大きくなる。

【0019】図10および図11は、II型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。図10はダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が2.0の場合、図11はダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚み $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 及び $(2\pi \cdot H/\lambda')$ である。ZnO層が薄いときは1次モードの電気機械結合係数 K^2 が大きくなり、ZnO層が厚くなると0次モードの電気機械結合係数 K^2 が大きくなる。

【0020】II型とI型は表面短絡用電極の有無においてのみ異なる。II型の方がZnO層の膜厚が薄い場合、1次モードの電気機械結合係数 K^2 がより大きくなる。

【0021】図12および図13は、III型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフで、ダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が2.0(図12)と4.0(図13)の場合について測定した。横軸はZnO層の厚み $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 及び $(2\pi \cdot H/\lambda')$ である。ZnO層が薄いと電気機械結合係数 K^2 が小さい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ の時にはZnO層が厚い時に1次モードが有望である。ダイヤモンド層が厚い $\{(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0\}$ と、ZnO層が薄いとき0次モードも電気機械結合係数 K^2 が0.5%を越える。

【0021】図14および図15は、IV型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフで、ダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が2.0および4.0の場合について測定した。横軸はZnO層の厚み $(2\pi \cdot H/\lambda)$ 及び $(2\pi \cdot H/\lambda')$ である。図16はZnO層の厚み $(2\pi \cdot H/\lambda)$ が2.0の場合について測定した。横軸はダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ 及び $(2\pi \cdot HD/\lambda')$ である。

【0022】この構造はIII型に表面短絡用電極を設けたものである。広い範囲にわたって、1次モードの電気機械結合係数 K^2 が大きくなっている。ZnO層の膜厚が厚くなるほど、1次モードの電気機械結合係数 K^2 が大きくなる。0次及び3次についても、電気機械結合係数 K^2 が0.5%を越える範囲が広い。例えば、ダイヤモンド層の厚み $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0$ のときは0次モードが、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 2.2$ で、電気機械結合係数 K^2 が0.5%を越える。0次の3倍高調波については $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.17 \sim 0.73$ で電気機械結合係数 K^2 が0.5%を越える。

【0023】[タイプ1からタイプ12までの説明]
I型・・・タイプ1、2、3

(タイプ1) ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にZnO層を積層して成る弾性表面波素子において、ZnO層の厚みをH、弾性表面波の波長を λ として、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$

$\lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の0次モードあるいは0次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。

【0024】位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.3 \sim 1.5$ において $K^2 = 1 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の1/3倍になり、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.4 \sim 0.5$ とすれば3倍高調波に対し、 $K^2 = 1 \sim 3\%$ の高い電気機械結合係数を得る事が出来る。さらにこの範囲内では、0次モードの電気機械結合係数は0.5%以下になり、0次モードの3倍高調波のみが取り出される。

【0025】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 3.0$ であることが望ましい。但し、 H : ダイヤモンド膜の膜厚、 λ : 弾性表面波の波長である。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が0.3より小さいと位相速度 V が5500m/sより小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は0.5%より小さくなる場合がある。

【0026】(タイプ2) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.7$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 0.5$ で $V = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.75 \sim 1.25$ において $K^2 = 1 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

【0027】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の1/3倍になり、 $V = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.2$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 1 \sim 3\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.25 \sim 0.4$ とすれば良い。この時、1次モードの基本波は電気機械結合係数が約1/3になり基本波は抑制される。

【0028】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が0.5より小さいと位相速度 V が5500m/sより小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は0.5%より小さくなる場合がある。

【0029】(タイプ3) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.8$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度 V に関しては、

$(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5$ で $V = 9000 \sim 10000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.55 \rightarrow 4.0$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \sim 1\%$ と大きくなり望ましい。

【0030】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の1/3倍になり、 $V = 9000 \sim 10000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.8$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 0.5 \sim 1\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.85 \sim 1.33$ とすれば良い。この時、3次モードの基本波は存在しないので、基本波は抑制され、高い周波数のみを選択的に取り出すことが出来る。

【0031】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が0.8より小さいと位相速度 V が5500m/sより小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は0.5%より小さくなる場合がある。

【0032】II型・・・タイプ4、5、6

(タイプ4) ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上にダブルスプリット電極を配置し、その上にZnO層を積層し、その上に表面短絡用電極を積層して成る弾性表面波素子において、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の0次モードあるいは0次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。

【0033】位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.2$ 及び、 $1.3 \sim 1.5$ において $K^2 = 1 \sim 5\%$ と大きくなり望ましい。櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の1/3倍になり、 $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.16$ 、3倍高調波で高い結合係数 $K^2 = 1 \sim 5\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.16 \sim 0.4$ とすれば良い。この時、0次モードの基本波の電気機械結合係数は0.5%以下になり、基本波は抑制され、高い周波数のみを選択的に取り出すことが出来る。

【0034】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が0.3より小さいと位相速度 V が5500m/sより小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は0.5%より小さくなる場合がある。

【0035】(タイプ5) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、

$(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.7$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 0.5$ で $V = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.5$ において $K^2 = 2 \sim 5\%$ と大きくなり望ましい。

【0036】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 10000 \sim 12000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.1 \sim 0.16$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 2 \sim 5\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.16 \sim 0.5$ とすれば良い。この時、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ が 0.3 以下では1次モードの基本波は存在しない。また $(2\pi \cdot H/\lambda)$ が 0.5% であっても、基本波の電気機械結合係数は高調波の $1/3$ であり、基本波は抑制され、高い周波数のみを選択的に取り出すことが出来る。

【0037】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.3 より小さいと位相速度 V が 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0038】(タイプ6) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.8$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5$ で $V = \text{約} 10000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.5 \rightarrow 4.0$ と大きくなるほど $K^2 = 0.5 \sim 1\%$ と大きくなり望ましい。

【0039】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = \text{約} 10000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.8$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 0.5 \sim 1\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.8$ とすれば良い。この時、3次モードの基本波は存在しないので、高い周波数のみを選択的に取り出すことが出来る。

【0040】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.8 より小さいと位相速度 V が 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0041】III型・・・タイプ7、8、9

(タイプ7) ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤ

モンド層からなる誘電体層の上に ZnO 層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.25 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の0次モードあるいは0次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子である。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0 \sim 1.25$ において、 $K^2 = \text{約} 1\%$ と大きくなり望ましい。

【0042】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = \text{約} 1\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 0.4$ とすれば良い。この時0次モードの基本波は電気機械結合係数が非常に小さいため、基本波は励起されず、高い周波数のみを選択的に取り出すことが出来る。

【0043】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.9 より小さいと位相速度 V が 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0044】(タイプ8) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.3 \sim 1.2$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度 V は大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0$ で $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0 \rightarrow 3.5$ と大きくなるほど、 $K^2 = 0.5 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

【0045】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.33$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = \text{約} 1\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.33$ とすれば良い。この時、1次モードの基本波は電気機械結合係数が非常に小さいため励起されず、高い周波数にみ選択的に取り出すことが出来る。

【0046】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度 V は大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.5 より小さいと位相速度 V が 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0047】(タイプ9) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.4 \sim 1.0$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度Vは大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.5$ で $V \approx 12000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.8 \sim 2.5$ において、 $K^2 = 0.5\%$ となり望ましい。

【0048】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 12000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 0.5\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.6 \sim 0.8$ とすれば良い。この時、3次モードの基本波は励起されないため、高い周波数のみ選択的に取り出すことが出来る。

【0049】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度Vは大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.8 より小さいと位相速度Vが 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0050】IV型・・・タイプ10、11、12 (タイプ10) ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層からなる誘電体層の上に表面短絡用電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上にダブルスプリット電極を配置して成る弾性表面波素子において、

$(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 0.5$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の0次モードあるいは0次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする弾性表面波素子である。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度Vは大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.50 \rightarrow 1.5$ と大きくなるほど、 $K^2 = 0.5 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

【0051】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 = 0.5 \sim 3\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \geq 0.15$ とすれば良い。この時、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ が 0.45 以下では0次モードの基本波は励起されず、またそれ以上の膜厚でも、3倍高調波の電気機械結合係数の $1/2$ 以下であり、高い周波数のみ選択的に取り出すことが出来る。

【0052】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度Vは大きくなり、

$(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.3 より小さいと位相速度Vが 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0053】(タイプ11) $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 1.2$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の1次モードあるいは1次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度Vは大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ で $V \approx 10000 \text{ m/s}$ 、電気機械結合係数 K^2 に関しては $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \rightarrow 3.5$ と大きくなるほど、 $K^2 = 0.5 \sim 3\%$ と大きくなり望ましい。

【0054】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V = 7000 \sim 8000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15$ 、3倍高調波で高い電気機械結合係数 $K^2 \approx 1\%$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.15 \sim 1.2$ とすれば良い。この時、1次モードの基本波は、3倍高調波の電気機械結合係数より小さいので選択的に高周波を取り出すことが出来る。

【0055】ダイヤモンド膜を用いる場合には、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 0.5$ であることが望ましい。 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が大きくなるほど位相速度Vは大きくなり、 $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ が 0.5 より小さいと位相速度Vが 5500 m/s より小さくなる場合がある。また電気機械結合係数 K^2 は 0.5% より小さくなる場合がある。

【0056】(タイプ12) $(2\pi \cdot H/\lambda)$ の値が、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5 \sim 1.0$ を満たす構造で励起される、弾性表面波の3次モードあるいは3次モードの3倍高調波を利用する事を特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は小さいほど位相速度Vは大きくなり望ましいが $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.5$ で $V \approx 12000 \text{ m/s}$ 、

【0057】櫛形電極として3倍高調波を選択的に励起するダブルスプリット電極を用いているため、波長は λ の $1/3$ 倍になり、 $V \approx 12000 \text{ m/s}$ を得るためには、 $(2\pi \cdot H/\lambda) = 0.5$ 、とすれば良い。

【0058】上記のタイプ1～12の全ての場合において、 $(2\pi \cdot HD/\lambda) \geq 4.0$ の場合、位相速度V及び電気機械結合係数 K^2 は $(2\pi \cdot HD/\lambda)$ の値に依存せず、ほとんど一定になる。ダイヤモンド層として単結晶ダイヤモンドを使用したときには、この領域に含まれる。

【0059】

【実施例】図2から図5に示した4種類の弾性表面波フィルターをZnO膜及びダイヤモンド膜の膜厚を変化させて作製した。そのフィルター特性を測定し、その動作周波数 f より弾性表面波の位相速度 $V = f \cdot \lambda$ を求め、櫛形電極の放射インピーダンスの測定より、電気機械結

合係数 K^2 を求めた。

【0060】10mm×10mm×0.3mmのSi基板上にマイクロ波プラズマCVD法を用いてダイヤモンドを50 μ m成膜したのち、ダイヤモンド表面をダイヤモンドコート研磨機を用いて種々の膜厚1~30 μ mまで研磨した。多結晶ダイヤモンドの原料には CH_4 を H_2 で100倍に希釈したガスを用いた。単結晶ダイヤモンドは、超高压合成法による人工Ib型ダイヤモンドの(100)面を研磨したものである。これらの膜はいずれも $10^9 \Omega \cdot cm$ 以上の抵抗率を有していた。

【0061】研磨したダイヤモンド表面に抵抗加熱法によりAlを50nm蒸着し、フォトリソグラフィ法を用いて電極幅及び電極間幅が2 μ mのダブルスプリット電極を作製した。電極の作製はウェットエッチング法を用いた。その上に圧電体としてZnO薄膜を形成した。ZnO薄膜は、ZnO多結晶をArと酸素の混合ガスでスパッタする方法で得た。スパッタの条件は基板温度：400℃、RFパワー：160W、圧力：2.7Paであった。

【0062】スパッタリングの時間を変えることによりZnOの膜厚を変更することができ、ZnOの膜厚を0.1~4 μ mのものを作製した。これらのZnO薄膜はX線ロッキングカーブで σ の値が1.3~2.2とc軸配向性の良い膜が出来ていることを確認した。位相速度V及び電気機械結合係数 K^2 の測定結果は図6から図16に示している。

【0063】ダイヤモンド層は基板の一部であってもよいが、基板の全部であってもよい。ダイヤモンド層は、その全部が絶縁性であってもよいが、その一部又は全部が半導電性であってもよい。またダイヤモンドを成膜するための基板としては、Si、Mo、W等の無機材料、金属、あるいはガラス、セラミクス、酸化物、窒化物等を使用できる。ダイヤモンド膜を成膜させる基材がSi等の半導体、金属、ガラス、セラミクス、酸化物、窒化物等のいずれであってもよい。いずれの基材でも最適な $(2\pi \cdot H/\lambda)$ は同じである。しかしながらダイヤモンドの膜厚HDが非常に薄く、弾性表面波の波長より非常に小さい場合、特に、 $(2\pi \cdot H/\lambda) \leq 0.5$ の場合には基材の影響が現れる。

【0064】ダイヤモンド薄膜の形成方法はCVD法、プラズマCVD法、PVD法、熱フィラメント法等、公知の方法で行うことができる。反応室内のガスをプラズマ化するための方法としては、高周波、低周波等による、グロー放電法、アーク放電法等の各種放電法等を用いることができる。ダイヤモンドを形成する方法としては、水素原子を含む化合物を用いて成膜出来る。またハロゲン原子を供給し得るガスと水素原子を含む化合物を用いて成膜出来る。

【0065】ハロゲン原子を供給し得るガスとは、ハロゲン分子はもちろん、ハロゲン化有機化合物、ハロゲン

化無機化合物等のハロゲン原子を分子内に含む化合物を全て含有する。例えば、フッ化メタン、フッ化エタン、トリフッ化メタン、フッ化エチレン等のパラフィン系、オレフィン系、脂環式、芳香族等の有機化合物、ハロゲン化シランの様な無機化合物等である。ハロゲンガスを成膜室内に導入することにより基板温度を下げることができ、200℃~900℃でダイヤモンドが成膜できる。

【0066】ハロゲンガスは水素元素との結合力が大きく原子半径の小さい方が好ましい。特に低圧で安定な膜を成膜するためには、フッ素化合物が好ましい。また水素原子を含む化合物としては、例えばメタン、エタン、プロパン等の脂肪族炭化水素、ベンゼン、ナフタレン等の芳香族炭化水素の他、エチレン、プロピレン等の不飽和炭化水素、アンモニア、ピドラジン等のヘテロ原子を有する有機化合物などである。

【0067】ダイヤモンドの高純度のものは誘電率の低い絶縁体である。しかしB、Al、P、S等の不純物を導入したり、イオン注入や電子線照射により格子欠陥を導入すると、半導電性ダイヤモンドを形成出来る。Bを含む半導電性のダイヤモンド単結晶は天然にも稀に産出し、超高压法により人工的に産出することも可能である。

【0068】タイプ1~6のようにダイヤモンド層あるいは基板層の上にダイヤモンド層を形成した誘電体上にダブルスプリット電極を配置する場合、ダイヤモンド層は絶縁体であることが必要である。抵抗率は $10^7 \Omega \cdot cm$ 以上、さらに好ましくは $10^9 \Omega \cdot cm$ 以上が必要である。またダイヤモンド層あるいは、成膜したダイヤモンド薄膜の表面は、弾性表面波の散乱その他の損失を軽減するために、平坦であることが好ましく、必要に応じて表面を研磨する必要がある。

【0069】またエピタキシャル法による単結晶ダイヤモンド薄膜も使用できる。ZnO膜はスパッタ法やCVD法の気相合成法を用いることによって、大きな圧電体を有するc軸配向性の優れたものを成長することが出来る。c軸配向性が σ 値(X線ロッキングカーブから求めた配向性)で3°以下であり、抵抗率は $10^5 \Omega \cdot cm$ 以上であることが好ましい。

【0070】櫛形電極及び表面短絡用電極用材料としてはエッチングによる電極の作製が可能で、抵抗率が小さい金属であり、Au、Al、Cu等の低温で蒸着可能な金属、Ti、Mo、W等の高温で成膜される金属、またTiの上にAlを蒸着した様な2種類以上の金属を用いることも可能である。特に、電極の作製の容易さよりAl、Tiを用いることが、好ましい。

【0071】櫛形電極の作製方法は、電極用金属成膜後、レジストを電極用金属表面に均一に塗布し、ガラス等の透明平板に櫛形電極パターンを有するマスクをのせた後、水銀ランプ等を用いて露光、あるいは電子ビーム

により電極を直接形成することも可能である。その後現像してレジストによる櫛形電極を形成する。ダブルスプリット電極を使用することにより、弾性表面波の波長の $1/3$ 倍の波長が得られるので、一般の櫛形電極と比較し、同じ動作周波数を得るのに、電極幅を大きくできる。

【0072】例えば、線幅を $1\mu\text{m}$ とすると、一般の櫛形電極では波長 λ は $\lambda = 4\mu\text{m}$ であり、位相速度 $V = 10000\text{m/s}$ で設計すると、動作周波数 $f = 2.5\text{GHz}$ の高周波を実現できる。ダブルスプリット電極を用いて設計すると、波長は $8\mu\text{m}$ であるが、3倍高調波を励起するので、波長は $8/3\mu\text{m}$ になる。位相速度を 10000m/s とすると、 3.75GHz となり一般の電極以上の高周波が得られることになる。

【0073】電極のエッチング方法は、例えば、Al等の低融点金属としては水酸化ナトリウム溶液等のアルカリ性溶液、硝酸等の酸性溶液によるウェットエッチング法でエッチング可能である。高融点金属もフッ酸と硝酸の混合溶液を用いてエッチング可能である。またBCI₃等のガスを用いて、反応性イオンエッチング法により電極を作製することも可能である。

【0074】

【発明の効果】本発明によれば、スプリアスが小さく、電極における弾性表面波の散乱が小さく、伝搬速度及び電気機械結合係数が大きい弾性表面波素子が得られるので、数100MHzから数GHz帯の高周波領域で動作する弾性表面波素子を容易に提供することが出来る。弾性表面波素子の用途としては帯域通過フィルター、共振器、発振器、コンボルバー等が挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に用いたダブルスプリット電極の平面図である。

【図2】本発明のI型の弾性表面波素子の例を示す断面図である。

【図3】本発明のII型の弾性表面波素子の例を示す断面図である。

【図4】本発明のIII型の弾性表面波素子の例を示す断面図である。

【図5】本発明のIV型の弾性表面波素子の例を示す断面図である。

【図6】本発明の実施例においてダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 1.0$ としたとき、ZnOの厚みと弾性表面波の位相速度Vの関係の測定結果を示すグラフである。白丸が0次モード、三角が1次モード、四角が2次モード、ベケが3次モードである。

【図7】本発明の実施例においてZnO層の厚みを $(2\pi \cdot H/\lambda) = 1.0$ としたとき、ダイヤモンド層の厚みと弾性表面波の位相速度Vの関係の測定結果を示すグラフである。

【図8】本発明の実施例によるI型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図9】本発明の実施例によるI型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図10】本発明の実施例によるII型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図11】本発明の実施例によるII型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図12】本発明の実施例によるIII型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図13】本発明の実施例によるIII型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図14】本発明の実施例によるIV型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 2.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

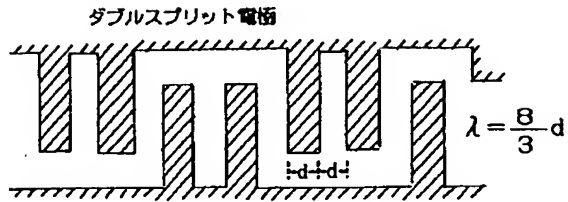
【図15】本発明の実施例によるIV型の弾性表面波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD/\lambda) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

【図16】本発明の実施例によるIV型の弾性表面波素子において、ZnO層の厚みを $(2\pi \cdot H/\lambda) = 2.0$ としたとき、ダイヤモンド層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数K²の測定結果を示すグラフである。

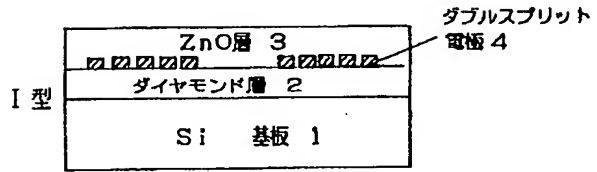
【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・ダイヤモンド層
- 3・・・ZnO層
- 4・・・ダブルスプリット電極
- 5・・・短絡用電極

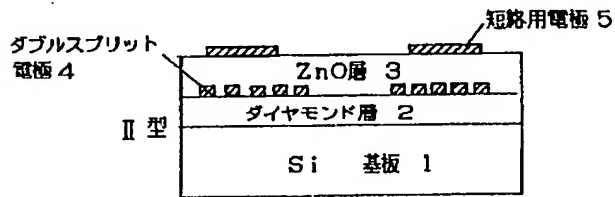
【図1】



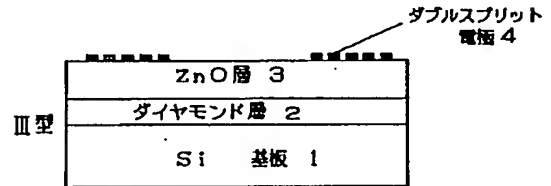
【図2】



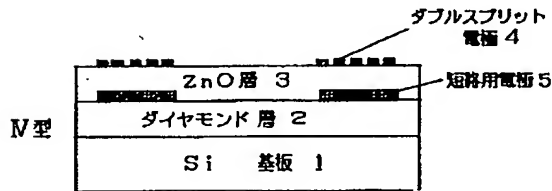
【図3】



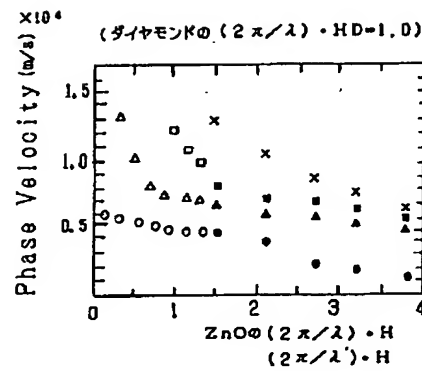
【図4】



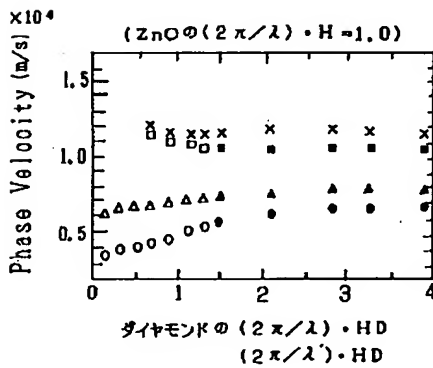
【図5】



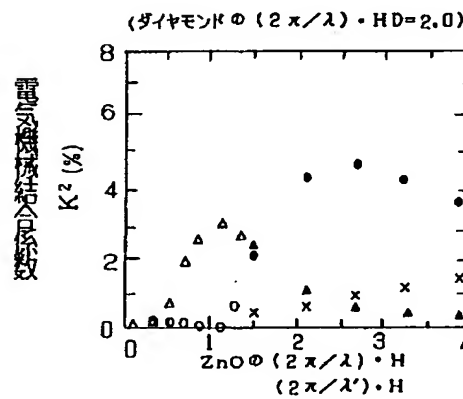
【図6】



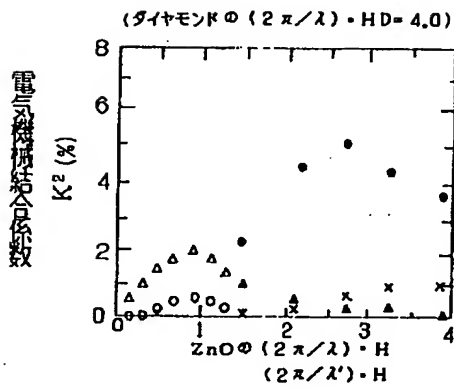
【図7】



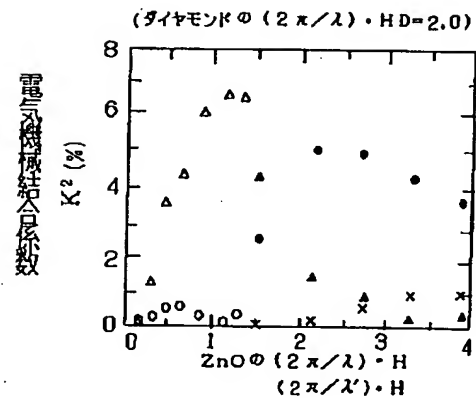
【図8】



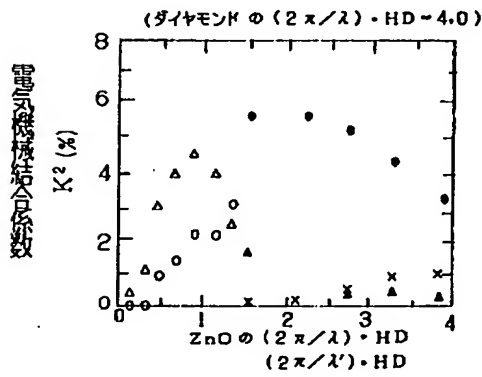
【図9】



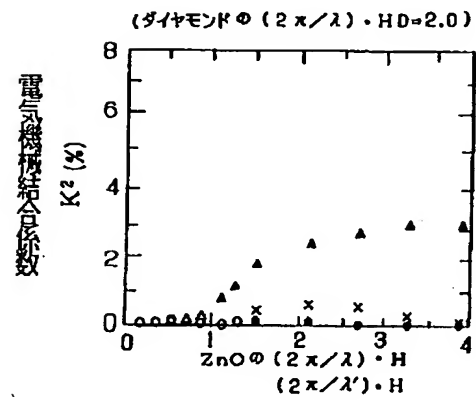
【図10】



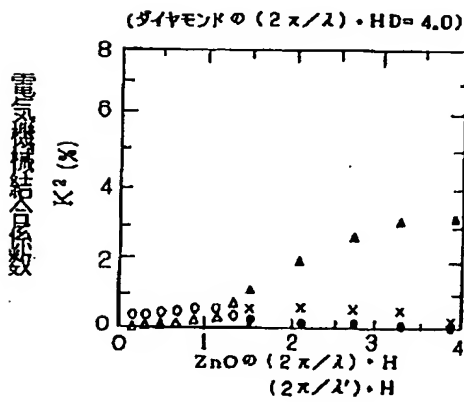
【図11】



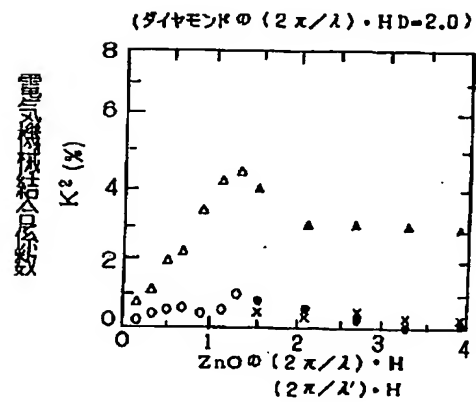
【図12】



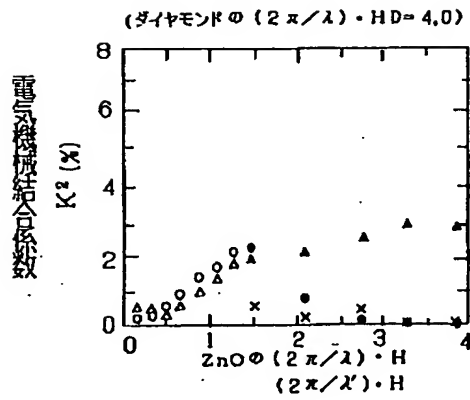
【図13】



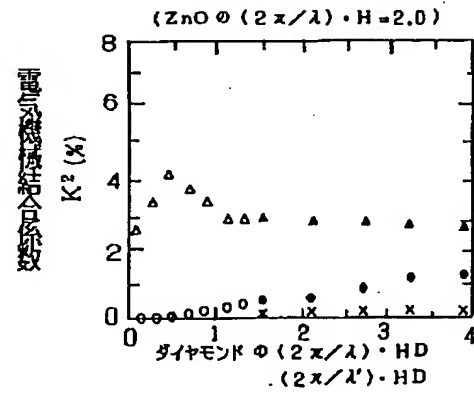
【図14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 藤森 直治
 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
 電気工業株式会社伊丹製作所内